

(19) KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

## KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: **1020030086223**  
(43)Date of publication of application: **07.11.2003** **A**

(21)Application number: **1020030008099**  
(22)Date of filing: **10.02.2003**

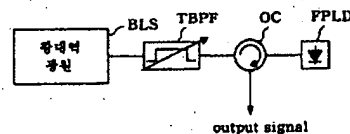
(71)Applicant: **KOREA ADVANCED  
INSTITUTE OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY**  
(72)Inventor: **KIM, HYEON DEOK  
LEE, CHANG HUI**

(51)Int. Cl **G02B 6/293**

**(54) METHOD AND APPARATUS FOR FORMING TUNABLE LIGHT SOURCE AND OPTICAL TRANSMISSION DEVICE OF WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING METHOD USING LIGHT SOURCE OF THE SAME**

(57) Abstract:

**PURPOSE:** A method and an apparatus for forming a tunable light source and an optical transmission device of a wavelength division multiplexing method using a light source of the same are provided to reduce a manufacturing cost of the light source by using a low-priced Fabry-Perot Laser Diode. **CONSTITUTION:** An apparatus for forming a tunable light source includes a broad-band light source(BLS), a tunable band-pass filter(TBPF), a Fabry-Perot Laser Diode (FPLD), an optical circulator(OC). The broad-band light source(BLS) is used for outputting the light of broad band. The tunable band-pass filter(TBPF) is used for varying a passing band and passing selectively only the components of the passing band from the outputs of the broad-band light source(BLS). The Fabry-Perot Laser Diode(FPLD) is used for providing the output corresponding to the wavelength of the received light. The optical circulator(OC) is connected between the tunable band-pass filter(TBPF) and the Fabry-Perot Laser Diode(FPLD) in order to transmit the received light to the Fabry-Perot Laser Diode(FPLD) or transmit the output of the Fabry-Perot Laser Diode(FPLD) to the outside.



copyright KIPO 2004

## Legal Status

Date of request for an examination (20030210)

Notification date of refusal decision (00000000)

Final disposal of an application (registration)

Date of final disposal of an application (20050610)

Patent registration number (1005152590000)

Date of registration (20050908)

Number of opposition against the grant of a patent ( )

Date of opposition against the grant of a patent (00000000)

Number of trial against decision to refuse (2005101002166)

Date of requesting trial against decision to refuse (20050411)

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) . Int. Cl.<sup>7</sup>  
G02B 6/293

(45) 공고일자 2005년09월15일  
(11) 등록번호 10-0515259  
(24) 등록일자 2005년09월08일

(21) 출원번호 10-2003-0008099  
(22) 출원일자 2003년02월10일

(65) 공개번호 10-2003-0086223  
(43) 공개일자 2003년11월07일

(30) 우선권주장 1020020024493 2002년05월03일 대한민국(KR)

(73) 특허권자 한국과학기술원  
대전 유성구 구성동 373-1

(72) 발명자 이창희  
대전광역시유성구신성동한울아파트110동102호

김현덕  
대구광역시달성군유가면유곡1리272

(74) 대리인 이종일

심사관 : 김병성

(54) 파장 가변 광원 구현 방법 및 장치와 이 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치

요약

본 발명은 출력 파장을 가변할 수 있는 파장 가변 광원과 이 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송장치에 관한 것이다.

본 발명의 파장 가변 광원 구현 방법은 페브리-페롯 레이저 다이오드에 광을 외부에서 주입하여, 상기 페브리-페롯 레이저 다이오드의 출력 파장을 주입되는 광과 일치하도록 하고, 주입되는 광의 파장을 가변함으로써 상기 페브리-페롯 레이저 다이오드로의 출력 파장을 가변하는 파장 가변 광원을 구현함에 있어서, 상기 페브리-페롯 레이저 다이오드의 온도를 제어하여 잡음특성을 개선함을 특징으로 한다.

대표도

도 1

색인어

파장 가변 광원, 페브리-페롯 레이저 다이오드, 광전송 장치, 광원

명세서

## 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 파장 가변 광원의 구현을 위한 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명에 의해 구현된 파장 가변 광원의 성능을 측정하기 위한 실험 장치의 구성도이다.

도 3a 내지 도 3c는 도 2의 장치로 측정된 광 스펙트럼이다.

도 4a와 도 4b는 도 2의 장치에서 대역폭이 다른 대역 통과 필터를 사용하여 측정된 광 스펙트럼이다.

도 5a는 종래 스펙트럼 분할통신에서의 아이 다이어그램(eye diagram) 측정을 위한 실험장치이고 도 5b는 본 발명에 의한 광원의 아이 다이어그램 측정을 위한 실험장치이다.

도 6a와 도 6b는 도 5a와 도 5b에 의해 측정된 각각의 아이 다이어그램이다.

도 7은 본 발명에 따른 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치의 제1실시예를 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명에 따른 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치의 제2실시예를 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치의 제3실시예를 나타내는 도면이다.

도 10은 본 발명에 따른 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치의 제4실시예를 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명에 따른 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치의 제5실시예를 나타내는 도면이다.

## <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

100 : 광전송 장치 BLS : 광대역 광원

EDFA : 2단 어븀첨가 광섬유증폭기

(D)MUX1 : 2N x 1 (역)다중화기 (D)MUX2 : N x 1 (역)다중화기

DR : 레이저 다이오드 구동회로 EM : 외부 변조기

EMDR : 외부 변조기 구동회로 FPLD : 페브리-페롯 레이저 다이오드

IL : 파장교대결합기 OC : 광세큘레이터

OSA : 광 스펙트럼 분석기 OSC : 오실로스코프

RX : 광수신기 TBPF : 통과대역 가변 필터

TEC : 온도 제어 장치 WDM : 파장분할 다중화기

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 특정 파장의 출력을 제공하는 광통신용 광원에 관한 것으로, 더 상세하게는 출력 파장을 외부에서 제어할 수 있는 파장 가변 광원과 이 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치에 관한 것이다.

파장분할 다중방식 광전송 장치에서 송신단과 수신단을 연결하는 각 채널은 광원의 파장에 의해 구분된다.

따라서 특정 파장에서 출력을 제공하는 광원은 파장분할 다중방식 광전송 장치의 핵심 소자이다.

파장분할 다중방식 광전송 장치에 사용되는 광원은 출력 파장이 안정되어 있어야 하고, 인접 채널과의 간섭(crosstalk)을 최소화 하기 위해 인접 모드 억제율(SMSR: Side Mode Suppression Ratio)이 커야 한다.

또, 출력 파워가 커야 하고, 색분산 등의 영향을 최소화 하기 위해 선폭(line width)이 작아야 한다.

이러한 요건을 만족하는 종래의 광원으로는 분포배환 레이저 다이오드(DFB LD : Distributed Feed-Back Laser Diode)가 대표적이다.

그러나 분포배환 레이저 다이오드는 제작 과정이 복잡하여 가격이 비싸므로 광원의 단가를 줄이기 위해 넓은 파장 대역에서 출력을 제공하는 광원(BLS : Broad-band Light Source)의 출력광을 광필터(optical filter) 등을 통해 분할하여 이용하는 스펙트럼 분할방식(spectrum-slicing) 광통신 장치가 연구되어 왔다.

스펙트럼 분할방식 광통신 장치에 이용되는 광원으로는 발광 다이오드(LED: Light Emitting Diode), 초 발광 다이오드(SLD : Super-Luminescent Diode), 자연 방출광(ASE : Amplified Spontaneous Emission)을 출력하는 광증폭기 광원 등과 같은 비간섭성 광원(ILS : Incoherent Light Source)이 대표적인데, 이러한 비간섭성 광원들을 이용하여 스펙트럼 분할방식 광통신 장치를 구현하면 분포배환 레이저 다이오드를 사용하는 경우에 비해 경제적이고, 파장 제어가 쉬운 장점이 있다.

하지만, 발광 다이오드와 초 발광 다이오드의 경우 출력 파워가 충분하지 않으며, 광증폭기 광원은 출력 파워는 비교적 크지만 별도의 값비싼 외부 변조기(external modulator)를 필요로 하는 단점이 있다.

즉, USP 5,440,417호(발명의 명칭 : System for spectrum-sliced fiber amplifier light for multi-channel wavelength-division-multiplexed applications)에서는 파장분할 다중방식 광전송 장치에 사용되는 경제적인 광증폭기의 광원을 구현하기 위해 광증폭기의 자연방출광을 스펙트럼 분할하여 외부 변조하고, USP 5,694,234호(발명의 명칭 : Wavelength division multiplexing passive optical network including broadcast overlay)에서는 직접 변조된 LED를 스펙트럼 분할하여 사용하는 방법이 제안되었다.

그런데 USP 5,440,417호는 값비싼 외부 변조기가 필요하고, USP 5,694,234호는 출력 파워가 충분하지 못한 단점이 있었다.

한편, 외부에서 제어를 통해 출력 파장을 임의로 가변할 수 있는 파장 가변 광원은 파장분할 다중방식 광전송 장치의 융통성을 높이고 다양한 기능을 제공할 수 있도록 한다.

상술한 분포배환 레이저 다이오드는 온도를 제어하여 출력 파장을 가변할 수 있지만, 일반적인 실리카(silica) 광섬유를 이용한 광통신 대역인 1300~1600.nm 파장 대역에서 가변할 수 있는 파장의 범위가 수 nm를 넘지 못하는 단점이 있다.

따라서 종래에는 외부 공동기(external cavity)를 채용한 파장 가변 광원들이 주로 연구되어 왔으나, 외부 공동기를 이용한 파장 가변 광원들은 가격이 비싸고 출력 파장을 가변하기 위해 복잡한 장치들을 필요로 하는 단점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명에서는 페브리-페롯(Farby-Perot) 레이저 다이오드를 이용한 파장 가변 광원과 이 광원에 기반한 파장분할 다중방식 광전송 장치를 제안한다.

페브리-페롯 레이저 다이오드는 가격이 저렴하고 출력 파워가 비교적 큰 장점이 있지만, 여러 개의 모드(mode)가 동시에 발진하는 다중 모드 광원(multi-mode light source)으로서 모드 홉핑(hopping)과 모드 분할 잡음(mode partition noise)이 있어 파장분할 다중방식 광전송 장치에는 사용되지 않았다.

하지만, 대한민국 특허 1003256870000호(발명의 명칭 : 주입된 비간섭성 광에 파장 잠김된 페브리-페롯 레이저 다이오드를 이용한 파장분할 다중방식 광통신용 광원, 등록일 : 2002년 2월 8일)에 제시한 바와 같이 페브리-페롯 레이저 다이오드에 비간섭성 광을 외부에서 주입함으로써 출력 파장을 주입된 비간섭성 광과 일치하도록 고정할 수 있고, 이를 통해 특정 파장에서 큰 출력 파워를 제공할 수 있으므로 큰 인접 모드 억제율을 얻을 수 있다.

본 발명에 따른 파장 가변 광원은 페브리-페롯 레이저 다이오드의 출력 파장을 외부에서 주입된 광에 고정함에 있어서, 외부에서 주입되는 상기 광의 파장을 제어하여 출력 파장을 가변할 수 있도록 구현된다.

또, 상술한 파장 가변 광원의 인접 모드 억제율, 잡음특성, 출력 파워 등은 페브리-페롯 레이저 다이오드의 온도를 적절히 제어하여 최적화하도록 구현된다.

이러한 파장 가변 광원은 외부 변조 뿐만 아니라 직접 변조가 가능하여 광송신기 구현 비용을 줄일 수 있으며, 넓은 파장 대역에서 출력을 제공하는 하나의 광대역 광원(BLS)의 출력을 하나의 (역)다중화기를 이용하여 다수의 광으로 스펙트럼 분할한 후, 다수의 페브리-페롯 레이저 다이오드에 동시에 주입함으로써 경제적인 파장분할 다중방식 광전송 장치를 구현할 수 있다.

#### 발명의 구성 및 작용

이하에서는 본 발명의 실시예에 대해서 첨부된 도면을 참조하면서 상세히 설명하기로 한다.

본 발명에 따른 파장 가변 광원은 도 1에 도시된 바와 같이, 광대역 광원(BLS : Broad-band Light Source), 통과대역을 가변할 수 있는 통과대역 가변 필터(TBPF : Tunable Band-Pass Filter), 광써클레이터(OC : Optical Circulator), 그리고 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD : Farby-Perot Laser Diode)로 구성된 장치에 의해 구현된다.

상기 광대역 광원은 넓은 대역의 광을 출력하며, 광대역 광원으로는 자연 방출광(ASE : Amplified Spontaneous Emission)을 출력하는 광섬유 증폭기와 반도체 광증폭기, 발광 다이오드 또는 초 발광 다이오드 등의 비간섭성 광원과 초 연속 발광체(super continuum source)와 같은 가간섭성(coherent) 광원 등을 이용할 수 있다.

상기 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)는 외부에서 광이 잘 주입될 수 있도록 내부에 단향관(isolator) 등이 없어야 한다.

상기 광대역 광원의 출력 중 통과대역 가변 필터(TBPF)의 통과대역 내 성분은 광써클레이터(OC)를 거쳐 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)에 주입된다.

외부에서 광의 주입이 없는 경우, 상기 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)는 다수의 모드를 출력(multi-mode output)하지만, 외부에서 광이 주입되면 페브리-페롯 레이저 다이오드의 발진 모드들 중 외부에서 주입된 광과 파장이 다른 모드들은 억제(suppression)되고, 외부에서 주입된 광과 파장이 일치하는 모드는 상대적으로 큰 출력을 제공한다.

따라서 단일 모드 레이저와 유사한 스펙트럼을 가진 출력이 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)에 연결된 광써클레이터(OC)를 거쳐 출력된다.

상기 광원의 출력 파장은 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)에 주입되는 광의 파장과 일치하므로 통과대역 가변 필터(TBPF)의 통과대역 중심파장을 조절하여 가변할 수 있다.

삭제

삭제

## 삭제

상기 파장 가변 광원의 출력 파워는 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)에 인가되는 전류를 따라 변한다.

따라서 상기 파장 가변 광원의 출력을 외부 변조기를 이용하여 변조할 수 있을 뿐만 아니라 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)에 인가되는 전류를 변조하여 직접 변조(direct modulation)할 수 있다.

적절한 전류를 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)에 인가하면 상기 파장 가변 광원의 출력은 편광된 상태이지만 주입된 광 중 반사되는 성분들은 편광되지 않은 상태일 수 있다.

이러한 특성을 이용하여 광섬유레이터(OC) 출력단에 편광 제어기와 편광기를 더 첨가하여 변조된 광신호의 소광비(extinction ratio)를 개선할 수 있다.

즉, 상기 페브리-페롯 레이저 다이오드로 변조 신호를 인가한 후, 상기 파장 가변 광원의 출력 파워가 최대가 되도록 편광 제어기를 조절하면 상기 파장 가변 광원 출력의 소광비(extinction ratio)도 최대가 된다.

본 발명에 따른 광원에서는 주입되는 광의 손실과 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)로부터 출력되는 광신호의 손실을 동시에 최소화 하기 위해 광섬유레이터(OC)가 사용된다.

하지만, 광섬유레이터(OC)를 저렴한 광 파워결합기(optical power coupler)로 대체하더라도 유사한 특성을 가진 광원을 얻을 수 있다.

도 2는 본 발명에 의해 구현된 파장 가변 광원의 성능을 측정하기 위한 실험 장치를 나타낸다.

도 1의 광대역 광원(BLS)으로 2단 어븀첨가 광섬유증폭기(EDFA : Erbium-Doped Fiber Amplifier)가 이용되고, 통과대역 가변 필터(TBPF)로는 페브리-페롯 에탈론 필터(Farby-Perot etalon filter)가 이용된다.

상기 2단 어븀첨가 광섬유증폭기(EDFA)는 약 30nm이상의 대역폭(1530nm ~ 1560nm)을 가진 자연 방출광(ASE)을 출력한다.

상기 페브리-페롯 에탈론 필터(FPEF)는 상기 자연 방출광 중 일부분을 선택적으로 통과시키는데, 3-dB 대역폭은 약 2.5 GHz이고 통과대역 중심 파장은 전압을 인가하여 가변할 수 있다.

광섬유레이터(OC)를 거쳐 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)로 입력되는 광의 파워는 -2dBm이고, 사용된 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)의 문턱전류는 10mA이며 17mA의 바이어스 전류가 인가된다.

페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)의 길이는 약 400  $\mu$ m이고, 이 경우 페브리-페롯 레이저 다이오드의 고유 발진 모드 사이의 간격은 약 100 GHz로 사용된 페브리-페롯 에탈론 필터(FPEF) 3-dB 대역폭의 약 40배이다.

미설명부호 OSA(Optical Spectrum Analyzer)는 광 스펙트럼 분석기이다.

도 3a는 자연 방출광의 주입이 없는 상태에서 측정된 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)의 출력 스펙트럼을 나타내고, 도 3b는 페브리-페롯 레이저 다이오드로 주입되는 광의 스펙트럼을 나타내며, 도 3c는 도 3b의 광을 주입한 이후 상기 파장 가변 광원 출력 스펙트럼을 나타낸다.

페브리-페롯 레이저 다이오드로 주입된 광의 중심 파장은 1530nm, 1545nm, 1560nm이고, 각 경우에 대해서 도 3c에서 측정되는 인접 모드 억제율이 최대가 되도록 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)의 온도를 설정하였다.

도 3a에는 3개의 스펙트럼을 제시하였는데, 상술한 바와 같이 페브리-페롯 레이저 다이오드에 주입되는 광의 파장이 1530nm, 1545nm, 1560nm인 경우에 대해 각각 인접 모드 억제율이 최대가 되도록 온도를 조절하고, 그 상태에서 주입되는 광을 제거한 후 측정된 페브리-페롯 레이저 다이오드의 출력 스펙트럼을 각각 나타낸다.

외부에서 광을 주입한 후 페브리-페롯 레이저 다이오드는 주입되는 광의 파장에 따라 특정 파장의 선택된 출력을 제공하며, 측정된 인접 모드 억제율은 모두 30dB 이상이고, 출력 파워는 약 0dBm이다.

따라서 본 발명에 따라 구현된 광원은 약 30nm이상의 파장가변영역을 갖는 좁은 선폭의 출력을 제공할 수 있다.

도 2의 실험장치에서 통과대역 가변 필터(TBPF)로 사용된 페브리-페롯 에탈론 필터(FPEF)를 더 넓은 통과대역폭을 가진 필터로 교체한 후 측정된 스펙트럼을 도 4a에 나타내었다.

사용된 필터는 3-dB 대역폭이 약 100 GHz이고 가우시안(Gaussian) 함수 형태의 통과대역 특성을 가지며, 필터 통과대역의 중심파장은 약 1558.8 nm이다.

이 경우 사용된 필터의 대역폭은 페브리-페롯 레이저 다이오드의 고유 발진 모드 사이의 간격과 거의 비슷한데, 일반적으로 본 발명에 따른 광원은 페브리-페롯 레이저 다이오드에 비교적 넓은 대역폭, 즉 페브리-페롯 레이저 다이오드 고유 발진 모드 간격의 수배에 이르는 대역폭을 가진 광을 주입하여서도 구현할 수 있다.

도 4b는 도 4a와 같은 조건에서 페브리-페롯 레이저 다이오드의 온도를 변경하여 주입되는 광의 중심파장이 페브리-페롯 레이저 다이오드의 인접한 두 고유 공동모드(cavity mode) 중앙에 위치하도록 한 후 측정된 스펙트럼이다. 이 경우에도 본 발명에 따른 광원은 주입되는 광의 파장영역 내에서 큰 출력을 제공할 수 있다.

따라서 본 발명에 따른 파장 가변 광원은 페브리-페롯 레이저 다이오드 고유 공동모드 모드 간격의 수배에 이르는 대역폭을 가진 광을 주입하여서도 구현할 수 있다.

이러한 특성으로 인해 본 발명에 따른 광원은 페브리-페롯 레이저 다이오드의 고유 공동모드 파장이 온도나 인가 전류의 따라 변화더라도 선택된 파장영역, 즉 주입되는 광의 대역폭 내에서 큰 출력을 제공한다.

즉, 외부에서 주입되는 광의 대역폭보다 페브리-페롯 레이저 다이오드의 인접한 두 고유 공동모드 사이의 간격이 좁을 경우, 외부환경이 변화더라도 적어도 하나 이상의 고유 공동모드가 항상 주입되는 비간섭성 광의 대역 내에 존재하며, 이 고유 공동모드에 광이 주입되면 큰 출력을 얻을 수 있다.

따라서 외부환경의 변화와 무관하게 원하는 파장-주입되는 광의 파장-에서 큰 출력을 얻기 위해서는 인접한 두 고유 공동모드 사이의 간격이 주입되는 광의 대역폭보다 좁은 페브리-페롯 레이저 다이오드를 사용하는 것이 바람직하다.

페브리-페롯 레이저 다이오드에서 인접한 두 고유 공동모드사이의 간격은 공동(레이저칩)의 길이에 의해 결정되며, 공동모드의 주파수 간격은 공동모드 길이에 반비례한다.

그러므로 외부환경의 변화와 무관하게 원하는 파장에서 큰 출력을 얻기 위해서는 페브리-페롯 레이저 다이오드의 길이가 외부에서 주입되는 광의 대역폭과 같은 레이저의 공동모드 길이 값보다 항상 같거나 긴 것이 바람직하다.

예를 들어, 1550 nm 파장 대역에서 굴절률이 약 3.5인 물질(GaAs, InGaAs 등)을 사용하여 페브리-페롯 레이저 다이오드를 사용할 때, 레이저 다이오드에 주입되는 광의 대역폭이 약 100 GHz이면, 공동의 길이는 최소 약 400  $\mu$ m 이상인 레이저 다이오드를 사용하여야만 외부환경의 변화와 무관하게 원하는 파장에서 큰 출력을 제공하는 파장 가변 광원을 구현할 수 있다.

삭제

삭제

삭제

본 발명에 따른 파장 가변 광원에 사용되는 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)는 파장이 고정되는 과정에서 주입된 광의 강도잡음(intensity noise)을 억제하는 역할을 수행한다.



즉, Jae-Seung Lee("Signal-to-noise ratio measurement of a 2.5-Gb/s spectrum-sliced incoherent light channel," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 1, no.1, pp. 94-96, 1997)가 제시한 바와 같이 스펙트럼 분할된 비간섭성 광은 큰 강도잡음(intensity noise)을 가지고 있으며, 이로 인해 광수신기에서 큰 비팅잡음(beating noise)을 발생시킨다.

이러한 비팅잡음(beating noise)은 스펙트럼 분할 광통신 장치에서 비트오율을 증가시켜, 성능을 열화시킨다.

본 발명에 따른 파장 가변 광원에서 스펙트럼 분할된 비간섭성 광을 페브리-페롯 레이저 다이오드로 주입할 경우, 상기 광원은 스펙트럼 분할된 비간섭성 광의 강도잡음(intensity noise)을 억제하여 주입되는 비간섭성 광에 비해 강도잡음이 훨씬 적은 출력을 제공한다.

이러한 특성을 확인하기 위해 도 5의 실험장치가 구성된다.

도 5a의 실험장치는 통과대역 가변 필터(TBPF)를 통과한 비간섭성 광을 외부 변조기(EM : External Modulator)로 변조한 후, 오실로스코프(OSC)를 이용하여 아이 다이어그램(eye diagram)을 측정하는 경우로서 종래의 스펙트럼 분할방식 광전송 장치에 해당한다.

도 5b의 실험장치는 본 발명에 따른 파장 가변 광원에서 통과대역 가변 필터(TBPF)를 통과한 비간섭성 광을 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)에 주입하고, 페브리-페롯 레이저 다이오드로 직접 변조한 후, 오실로스코프(OSC)를 이용하여 아이 다이어그램(eye diagram)을 측정한 경우로서 본 발명에 따른 파장 가변 광원에 해당한다.

상기 통과대역 가변 필터(TBPF)로는 페브리-페롯 에탈론 필터(Farby-Perot etalon filter)가 이용되고, 상기 페브리-페롯 에탈론 필터(FPEF)의 대역폭은 약 2.5 GHz이다.

두 경우 모두 변조 속도는 622Mb/s이고, 외부 변조기(EM)나 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)에 인가되는 의사 랜덤 부호(PRBS)의 길이는  $2^{31}-1$ 이다.

도 6a와 도 6b는 각각의 경우에 측정된 아이 다이어그램(eye diagram)들로서 본 발명에 따른 파장 가변 광원을 이용하면 비간섭성 광의 강도 잡음을 억제할 수 있음을 보여주고 있다.

한편, 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)의 각 모드별 발진 파장은 페브리-페롯 레이저 다이오드의 온도에 따라 변한다.

이러한 특성을 이용하여 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)의 온도를 적절히 조절함으로써 비간섭성 광의 강도 잡음 억제 특성을 조절할 수 있다.

즉, 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)의 온도를 제어하면 레이저 다이오드 내부의 이득특성이 달라지게 되고, 이로 인해 외부에서 주입되는 강도 잡음 억제 특성이 달라진다.

따라서 본 발명에 따른 파장 가변 광원에서 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)에 온도제어장치를 부가하여 잡음특성을 개선할 수 있다.

한편, 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD)에 인가되는 직류 바이어스 전류를 조절하여서도 레이저 다이오드 내부의 이득 특성을 조절할 수 있다.

따라서 온도제어장치를 추가하여 본 발명에 따른 파장 가변 광원의 잡음특성을 개선하는 것과 비슷한 원리로 직류 바이어스 전류제어장치를 부가하여 잡음특성을 개선할 수 있다.

기존의 레이저 다이오드들에도 온도제어장치나 전류제어장치를 부가하여 사용하여 왔다.

하지만, 기존의 레이저 다이오드들에 사용된 온도제어장치나 전류제어장치는 레이저 출력의 안정화, 레이저 수명연장 등을 위해 주로 사용된 것이며, 본 발명에 따른 파장 가변 광원에서는 이에 더하여 주입되는 비간섭성 광의 강도 잡음을 억제하여 잡음특성을 개선하기 위해 사용된다.

상술한 바와 같이 구현된 파장 가변 광원은 파장분할 다중방식 광전송 장치에 다양하게 이용될 수 있다.

도 7은 본 발명에 따른 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치의 제1실시예로서, 하나의 광섬유를 통해 파장분할 다중화된 N개의 제1그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_3, \dots, \lambda_{2N-1}$ )을 출력하고 상기 광섬유를 통해 입력되는 파장분할 다중화된 N개의 제2그룹 광신호들( $\lambda_2, \lambda_4, \dots, \lambda_{2N}$ )을 수신하기 위한 것이다.

도 7에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 파장분할 다중방식 광전송 장치는 N개의 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn), N개의 레이저 다이오드 구동회로(DR1, DR2, ..., DRn), N개의 레이저 다이오드 온도 제어 장치(TEC1, TEC2, ..., TECn), N개의 광수신기(RX1, RX2, ..., RXn), 하나의 2N x 1 (역)다중화기((D)MUX1), 하나의 (역)다중화기 온도 제어 장치(TEC), 두개의 파장교대결합기(IL1, IL2, (Interleaver)), 하나의 광써클레이터(OC)와 하나의 광대역 광원(BLS)으로 구성된다.

상기 (역)다중화기((D)MUX1)는 공통단자로 입력된 파장분할 다중화된 광신호들을 각 파장별로 분리하여 2N개의 입/출력 단자들로 각각 출력하거나 상기 2N개의 입/출력 단자들로 각각 입력된 파장이 다른 광신호들을 파장분할 다중화하여 상기 공통단자로 출력할 수 있다.

상기 제1그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_3, \dots, \lambda_{2N-1}$ )과 상기 제2그룹 광신호들( $\lambda_2, \lambda_4, \dots, \lambda_{2N}$ )의 파장은 서로 엇갈리게 배치되며, 상기 제1그룹의 광신호들( $\lambda_1, \lambda_3, \dots, \lambda_{2N-1}$ )은 상기 (역)다중화기((D)MUX1)의 공통단자와 홀수번째 단자들(1, 3, ..., 2N-1) 사이에 전달될 수 있고 상기 제2그룹 광신호들( $\lambda_2, \lambda_4, \dots, \lambda_{2N}$ )은 상기 (역)다중화기의 공통단자와 짝수번째 단자들(2, 4, ..., 2N) 사이에 전달될 수 있다.

상기 광대역 광원(BLS)은 넓은 대역의 광을 출력한다.

상기 광써클레이터(OC)는 첫번째 단자로 입력된 광신호를 두번째 단자로 출력하고 두번째 단자로 입력된 광신호는 세번째 단자로 출력하는 기능을 수행한다.

상기 파장교대결합기(IL1, IL2)의 첫번째 단자와 두번째 단자 사이에는 상기 제1그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_3, \dots, \lambda_{2N-1}$ )을 전달하고 상기 제2그룹 광신호들( $\lambda_2, \lambda_4, \dots, \lambda_{2N}$ )을 차단하며, 첫번째 단자와 세번째 단자 사이에는 상기 제2그룹 광신호들( $\lambda_2, \lambda_4, \dots, \lambda_{2N}$ )을 전달하고 상기 제1그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_3, \dots, \lambda_{2N-1}$ )을 차단한다.

상기한 구성의 광전송 장치(100)의 연결은 다음과 같다.

상기 (역)다중화기((D)MUX1)의 홀수번째 단자에는 각각 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)가 연결되고, 짝수번째 단자에는 각각 광수신기(RX1, RX2, ..., RXn)가 연결된다.

상기 (역)다중화기((D)MUX1)의 공통단자에는 제1파장교대결합기(IL1)의 첫번째 단자가 연결되고, 제1파장교대결합기(IL1)의 두번째 단자에는 광써클레이터(OC)의 두번째 단자가 연결되며, 광써클레이터(OC)의 첫번째 단자에는 광대역 광원(BLS)이, 세번째 단자에는 제2파장교대결합기(IL2)의 두번째 단자가 연결된다.

상기 제1파장교대결합기(IL1)의 세번째 단자와 제2파장교대결합기(IL2)의 세번째 단자는 서로 연결되고, 제2파장교대결합기(IL2)의 첫번째 단자는 상기 광전송 장치(100)의 출력단자가 된다.

상기 광전송 장치(100)의 동작을 살펴보면, 먼저, 상기 광대역 광원(BLS)은 넓은 대역의 광을 생성하여 출력하고 이 출력은 광써클레이터(OC)의 첫번째 단자로 입력되어 두번째 단자를 거쳐 제1파장교대결합기(IL1)의 두번째 단자로 입력된다.

상기 제1파장교대결합기(IL1)는 입력된 넓은 대역의 광 중 일부를 첫번째 단자로 출력한다.

상기 제1파장교대결합기(IL1)의 출력은 (역)다중화기((D)MUX1)의 공통단자로 입력된 후, (역)다중화기((D)MUX1)의 홀수번째 단자에 각각 출력된다.

(역)다중화기((D)MUX1)의 출력은 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)에 입력되며, 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)는 입력된 광들의 파장과 일치하는 제1그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_3, \dots, \lambda_{2N-1}$ )을 출력하고, 상기 제1그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_3, \dots, \lambda_{2N-1}$ )은 (역)다중화기((D)MUX1)에서 다중화된 후 제1파장교대결합기(IL1)의 첫번째 단자로 입력된다.

상기 제1파장교대결합기(IL1)로 입력된 다중화된 상기 제1그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_3, \dots, \lambda_{2N-1}$ )은 두번째 단자로 출력된 후, 광써클레이터(OC)의 두번째 단자와 세번째 단자를 거쳐 제2파장교대결합기(IL2)의 두번째 단자로 입력되어 제2파장교대결합기(IL2)의 첫번째 단자로 출력된다.

또, 제2파장교대결합기(IL2)의 첫번째 단자로 입력된 제2그룹 광신호들( $\lambda_2, \lambda_4, \dots, \lambda_{2N}$ )은 세번째 단자로 출력되고, 다시 제1파장교대결합기(IL1)의 세번째 단자로 입력되어 첫번째 단자로 출력된 후, 상기 (역)다중화기((D)MUX1)의 공통단자로 입력된다.

공통단자로 입력된 상기 제2그룹 광신호들( $\lambda_2, \lambda_4, \dots, \lambda_{2N}$ )은 상기 (역)다중화기((D)MUX1)의 짝수번째 단자에 출력된 후, 상기 짝수번째 단자에 각각 연결된 광수신기(RX1, RX2, ..., RXn)에서 수신된다.

상기 광전송 장치(100)는 각 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)에서 변조된 광신호를 생성하기 위한 레이저 다이오드 구동회로(DR1, DR2, ..., DRn)와 각 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)의 온도를 제어하기 위한 온도 제어 장치(TEC1, TEC2, ..., TECn) 및 상기 (역)다중화기((D)MUX1)의 온도를 제어하기 위한 온도 제어 장치(TEC)를 더 포함할 수 있다.

도 8은 본 발명에 따른 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치의 제2실시예로서, 하나의 광섬유를 통해 파장분할 다중화된 N개의 제3그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )을 출력하고 상기 광섬유를 통해 입력되는 파장분할 다중화된 N개의 제4그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )을 수신하기 위한 것이다.

도 8에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 파장분할 다중방식 광전송 장치는 N개의 페브리-페롯 레이저 다이오드((FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn), N개의 레이저 다이오드 구동회로(DR1, DR2, ..., DRn), N개의 레이저 다이오드 온도 제어 장치(TEC1, TEC2, ..., TECn), N개의 광수신기(RX1, RX2, ..., RXn), 하나의  $2N \times 1$  (역)다중화기((D)MUX1), (역)다중화기의 온도 제어 장치(TEC), 두개의 파장분할 다중화기(WDM1, WDM2), 하나의 광섬유클레이터(OC)와 하나의 광대역 광원(BLS)으로 구성된다.

상기 (역)다중화기((D)MUX1)는 공통단자로 입력된 파장분할 다중화된 광신호들을 각 파장별로 분리하여 2N개의 입/출력 단자들로 각각 출력하거나 상기 2N개의 입/출력 단자들로 각각 입력된 파장이 다른 광신호들을 파장분할 다중화하여 상기 공통단자로 출력할 수 있다.

상기 제3그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )과 상기 제4그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )의 파장은 서로 다른 파장 대역에 배치되며, 상기 제3그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )은 상기 (역)다중화기의 공통단자와 1~N번째 단자 사이에 전달될 수 있고 상기 제4그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )은 상기 (역)다중화기의 공통단자와 N+1~2N번째 단자들 사이에 전달될 수 있다.

상기 광대역 광원(BLS)은 넓은 대역의 광을 출력한다.

상기 광섬유클레이터(OC)는 첫번째 단자로 입력된 광신호를 두번째 단자로 출력하고, 두번째 단자로 입력된 광신호는 세번째 단자로 출력하는 기능을 수행한다.

상기 파장분할 다중화기(WDM1, WDM2)의 첫번째 단자와 두번째 단자 사이에는 상기 제3그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )을 전달하고 제4그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )을 차단하며, 첫번째 단자와 세번째 단자 사이에는 상기 제4그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )을 전달하고 제3그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )을 차단한다.

상기한 구성의 광전송 장치(100) 연결은 다음과 같다.

상기 (역)다중화기((D)MUX1)의 1~N번째 단자에는 각각 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)가 연결되고, N+1~2N번째 단자에는 각각 광수신기(RX1, RX2, ..., RXn)가 연결된다.

상기 (역)다중화기((D)MUX1)의 공통단자에는 제1파장분할 다중화기(WDM1)의 첫번째 단자가 연결되고, 제1파장분할 다중화기(WDM1)의 두번째 단자에는 광섬유클레이터(OC)의 두번째 단자가 연결되며, 광섬유클레이터(OC)의 첫번째 단자에는 광대역 광원(BLS)이, 세번째 단자에는 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 두번째 단자가 연결된다.

제1파장분할 다중화기(WDM1)의 세번째 단자와 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 세번째 단자는 서로 연결되고, 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 첫번째 단자는 상기 광전송 장치(100)의 출력단자가 된다.

상기 광전송 장치(100)의 동작을 살펴보면, 먼저, 상기 광대역 광원(BLS)의 출력은 광써클레이터(OC)의 첫번째 단자로 입력되어 두번째 단자를 거쳐 제1파장분할 다중화기(WDM1)의 두번째 단자로 입력된다.

상기 제1파장분할 다중화기(WDM1)는 입력된 넓은 대역의 광 중 일부를 첫번째 단자로 출력한다.

제1파장분할 다중화기(WDM1)의 출력은 (역)다중화기((D)MUX1)의 공통단자로 입력된 후, (역)다중화기((D)MUX1)의 1~N번째 단자에 각각 출력된다.

(역)다중화기((D)MUX1)의 출력은 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)에 입력되며, 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)는 입력된 광들의 파장과 일치하는 제3그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )을 출력하고, 상기 제3그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )은 (역)다중화기((D)MUX1)에서 다중화된 후 제1파장분할 다중화기(WDM1)의 첫번째 단자로 입력된다.

제1파장분할 다중화기(WDM1)로 입력된 제3그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )은 두번째 단자로 출력된 후 광써클레이터(OC)의 두번째 단자와 세번째 단자를 거쳐 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 두번째 단자로 입력되어 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 첫번째 단자로 출력된다.

또 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 첫번째 단자로 입력된 제4그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )은 세번째 단자로 출력되고 다시 제1파장분할 다중화기(WDM1)의 세번째 단자로 입력되어 첫번째 단자로 출력된 후 (역)다중화기((D)MUX1)의 공통단자로 입력된다.

공통단자로 입력된 신호는 상기 (역)다중화기((D)MUX1)의 N+1~2N번째 단자에 출력된 후 이들 단자에 각각 연결된 광수신기(RX1, RX2, ..., RXn)에서 수신된다.

상기 광전송 장치(100)는 각 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)에서 변조된 광신호를 생성하기 위한 레이저 다이오드 구동회로(DR1, DR2, ..., DRn)와 각 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)의 온도를 제어하기 위한 N개의 레이저 다이오드 온도 제어 장치(TEC1, TEC2, ..., TECn) 및 상기 (역)다중화기((D)MUX1)의 온도를 제어하기 위한 온도제어 장치(TEC)를 더 포함할 수 있다.

도 9는 본 발명에 따른 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치의 제3실시예로서, 하나의 광섬유를 통해 파장분할 다중화된 N개의 제5그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )을 출력하고 상기 광섬유를 통해 입력되는 파장분할 다중화된 N개의 제6그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )을 수신하기 위한 것이다.

도 9에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 파장분할 다중방식 광전송 장치는 N개의 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn), N개의 레이저 다이오드 구동회로(DR1, DR2, ..., DRn), N개의 레이저 다이오드 온도 제어 장치(TEC1, TEC2, ..., TECn), N개의 광수신기(RX1, RX2, ..., RXn), 하나의 N x 1 (역)다중화기((D)MUX2), 상기 (역)다중화기의 온도 제어 장치(TEC), N+2개의 파장분할 다중화기(WDM1, ..., WDMn+1, WDMn+2), 하나의 광써클레이터(OC)와 하나의 광대역 광원(BLS)으로 구성된다.

상기 (역)다중화기((D)MUX2)는 공통단자로 입력된 파장분할 다중화된 광신호들을 각 파장별로 분리하여 N개의 입/출력 단자들로 각각 출력하거나 N개의 입/출력 단자들로 각각 입력된 파장이 다른 광신호들을 파장분할 다중화하여 상기 공통단자로 출력하며, 공통단자와 각 입/출력 단자사이의 신호전달 특성은 독립 스펙트럼 영역의 정수배인 파장 간격을 두고 반복된다.

상기 제5그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )과 상기 제6그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )의 파장은 서로 다른 파장 대역에 배치되며 상기 (역)다중화기((D)MUX2)의 공통단자와 1~N번째 단자 사이에 각각 전달될 수 있지만, 상기 제5그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )과 제6그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )의 파장은 각각 상기 (역)다중화기의 독립 스펙트럼 영역의 정수배만큼 떨어져 존재한다.

상기 광대역 광원(BLS)은 넓은 대역의 광을 출력한다.

상기 광써클레이터(OC)는 첫번째 단자로 입력된 광신호를 두번째 단자로 출력하고, 두번째 단자로 입력된 광신호는 세번째 단자로 출력하는 기능을 수행한다.

상기 파장분할 다중화기(WDM1, ..., WDMn+1, WDMn+2)의 첫번째 단자와 두번째 단자 사이에는 상기 제5그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )을 전달하고 상기 제6그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )은 차단하며, 첫번째 단자와 세번째 단자 사이에는 상기 제6그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )을 전달하고 상기 제5그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )은 차단한다.

상기한 구성의 광전송 장치(100) 연결은 다음과 같다.

상기 (역)다중화기((D)MUX2)의 N개의 단자에는 각각 파장분할 다중화기(WDM3, ..., WDMn+1, WDMn+2)가 연결되고, 상기 파장분할 다중화기의 두번째 단자에는 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)가, 세번째 단자에는 각각 광수신기(RX1, RX2, ..., RXn)가 연결된다.

상기 (역)다중화기((D)MUX2)의 공통단자에는 제1파장분할 다중화기(WDM1)의 첫번째 단자가 연결되고, 제1파장분할 다중화기(WDM1)의 두번째 단자에는 광섬유레이터(OC)의 두번째 단자가 연결되며, 상기 광섬유레이터(OC)의 첫번째 단자에는 광대역 광원(BLS)이, 세번째 단자에는 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 두번째 단자가 연결된다.

제1파장분할 다중화기(WDM1)의 세번째 단자와 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 세번째 단자는 서로 연결되고, 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 첫번째 단자는 광전송 장치(100)의 출력단자가 된다.

상기 광전송 장치(100)의 동작을 살펴보면, 먼저, 상기 광대역 광원(BLS)의 출력은 광섬유레이터(OC)의 첫번째 단자로 입력되어 두번째 단자를 거쳐 제1파장분할 다중화기(WDM1)의 두번째 단자로 입력된다.

제1파장분할 다중화기(WDM1)는 입력된 상기 광대역 광원(BLS)의 출력 중 일부는 첫번째 단자로 출력한다.

상기 제1파장분할 다중화기(WDM1)의 출력은 (역)다중화기((D)MUX2)의 공통단자로 입력된 후, (역)다중화기((D)MUX2)의 N개의 단자에 각각 출력된다.

(역)다중화기((D)MUX2)의 출력은 파장분할 다중화기(WDM3, ..., WDMn+1, WDMn+2)의 첫번째 단자에 입력되어 두번째 단자로 출력된 후 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)에 입력된다.

각 페브리-페롯 레이저 다이오드는 입력되는 광의 파장과 일치하는 상기 제5그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )을 출력하고, 상기 제5그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )은 각 파장분할 다중화기(WDM3, ..., WDMn+1, WDMn+2)를 거쳐 다시 상기 (역)다중화기((D)MUX2)에서 파장분할 다중화된 후 제1파장분할 다중화기(WDM1)의 첫번째 단자로 입력된다.

상기 제1파장분할 다중화기(WDM1)로 입력된 제5그룹 광신호들( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ )은 두번째 단자로 출력된 후, 광섬유레이터(OC)의 두번째 단자와 세번째 단자를 거쳐 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 두번째 단자로 입력되어 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 첫번째 단자로 출력된다.

또 제2파장분할 다중화기(WDM2)의 첫번째 단자로 입력된 제6그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )은 세번째 단자로 출력되고, 다시 제1파장분할 다중화기(WDM1)의 세번째 단자로 입력되어 첫번째 단자로 출력된 후 (역)다중화기((D)MUX2)의 공통단자로 입력된다.

공통단자로 입력된 제6그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )은 상기 (역)다중화기((D)MUX2)의 N개의 단자에 각각 출력된 후, 상기 파장분할 다중화기(WDM3, ..., WDMn+1, WDMn+2)의 첫번째 단자로 입력된다.

파장분할 다중화기(WDM3, ..., WDMn+1, WDMn+2)로 입력된 제6그룹 광신호들( $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{2N}$ )은 파장분할 다중화기의 세번째 단자로 출력된 후 광수신기(RX1, RX2, ..., RXn)에서 수신된다.

상기 광전송 장치(100)는 각 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)에서 변조된 광신호를 생성하기 위한 레이저 다이오드 구동회로(DR1, DR2, ..., DRn)와 각 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)의 온도를 제어하기 위한 N개의 레이저 다이오드 온도 제어 장치(TEC1, TEC2, ..., TECn), (역)다중화기((D)MUX2)의 온도를 제어하기 위한 온도 제어 장치(TEC)를 더 포함할 수 있다.

도 10은 본 발명에 따른 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치의 제4실시예이다.

도 10에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 파장분할 다중방식 광전송 장치는, N개의 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn), N개의 레이저 다이오드 온도 제어 장치(TEC1, TEC2, ..., TECn), 하나의 N x 1 (역)다중화기((D)MUX2), (역)다중화기의 온도 제어 장치(TEC), 하나의 광써클레이터(OC), 하나의 광대역 광원(BLS), 하나의 외부 변조기(EM)와 하나의 외부 변조기 구동회로(EMDR)로 구성된다.

상기 (역)다중화기((D)MUX2)는 공통단자로 입력된 파장분할 다중화된 광신호들을 각 파장별로 분리하여 N개의 입/출력 단자들로 각각 출력하거나 상기 N개의 입/출력 단자들로 각각 입력된 파장이 다른 광신호들을 파장분할 다중화하여 상기 공통단자로 출력한다.

상기 광대역 광원(BLS)은 넓은 대역의 광을 출력한다.

상기 광써클레이터(OC)는 첫번째 단자로 입력된 광신호를 두번째 단자로 출력하고, 두번째 단자로 입력된 광신호는 세번째 단자로 출력하는 기능을 수행한다.

상기 외부 변조기(EM)는 전기적인 신호를 광신호로 변조한다.

상기한 구성의 광전송 장치(100) 연결은 다음과 같다.

상기 (역)다중화기((D)MUX2)의 N개의 단자에는 각각 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)가 연결되고, (역)다중화기((D)MUX2)의 공통단자에는 광써클레이터(OC)의 두번째 단자가 연결된다.

상기 광써클레이터(OC)의 첫번째 단자에는 광대역 광원(BLS)이 연결되고, 상기 광써클레이터(OC)의 세번째 단자에는 외부 변조기(EM)가 연결된다.

상기 외부 변조기(EM)에는 이를 구동하기 위한 외부 변조기 구동회로(EMDR)가 연결되며, 전기적인 신호는 상기 외부 변조기 구동회로(EMDR)로 입력되고, 변조된 광신호는 상기 외부 변조기(EM)를 통해 출력된다.

상기 광전송 장치의 동작을 살펴보면, 먼저, 상기 광대역 광원(BLS)의 출력은 상기 광써클레이터(OC)의 첫번째 단자로 입력되어 두번째 단자를 거쳐 (역)다중화기((D)MUX2)의 공통단자로 입력된 후, (역)다중화기((D)MUX2)의 N개의 단자에 각각 출력된다.

(역)다중화기((D)MUX2)의 출력은 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)에 입력되며, 각 페브리-페롯 레이저 다이오드는 입력된 광과 파장이 일치하는 광신호들을 출력한다.

페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)의 출력은 상기 (역)다중화기((D)MUX2)에서 다중화된 후 광써클레이터(OC)를 거쳐 외부 변조기(EM)로 입력되며, 외부 변조기(EM)는 전기적인 신호를 입력받아 입력된 광신호를 변조하여 출력한다.

상기 광전송 장치(100)에서 특정 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)에 인가되는 전류를 제어함으로써 하나 또는 둘 이상의 임의의 파장을 가진 광신호들을 외부 변조기(EM)를 통해 출력되도록 제어할 수 있다.

본 발명에 따른 광전송 장치(100)에 사용되는 외부 변조기(EM)는 전계 흡수 변조기 또는  $\text{LiNbO}_3$ 를 이용한 마하-젠더 간섭계 변조기 중 어느 하나이다.

본 발명에서 사용되는 외부 변조기(EM)의 특성이 편광에 따라 다른 경우, 상기 (역)다중화기((D)MUX2)의 각 입/출력 단자들과 각 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn) 사이에 N개의 편광 제어기(PC1, PC2, ..., PCn)가 더 포함되거나, 외부 변조기(EM)와 광써클레이터(OC) 세번째 단자 사이에 하나의 편광 제어기(PC)가 더 포함되어 구성된다.

또 상기 광전송 장치(100)에서 각 페브리-페롯 레이저 다이오드의 N개의 레이저 다이오드 온도 제어 장치(TEC1, TEC2, ..., TECn)나 (역)다중화기((D)MUX2)의 온도를 제어하기 위한 온도 제어 장치(TEC)가 더 구비된다.

도 11은 본 발명에 따른 광원을 이용한 파장분할 다중방식 광전송 장치의 제5실시예로서, 도 10의 광전송 장치에 광수신기(RX)가 더 구비된 구성이다.

광수신기(RX)는 외부에서 입력되는 광신호를 전기 신호로 변환한다.

이와 같이 하나의 광수신기(RX)를 더 구비하면 외부에서 특정 파장의 광신호가 입력될 경우 이를 전기적인 신호로 변환하고, 이를 다시 동일한 파장의 광신호나 하나 또는 둘이상의 다른 파장의 광신호로 재생 또는 파장변환을 할 수 있도록 한다.

이때 외부 변조기(EM)를 통해 출력되는 광신호의 파장은 각 페브리-페롯 레이저 다이오드(FPLD1, FPLD2, ..., FPLDn)에 인가되는 전류를 제어하여 가변할 수 있다.

#### 발명의 효과

따라서 본 발명에 따른 광원을 사용한 광전송 장치는 광원에 소용되는 비용을 절감할 수 있어 채널당 부담 비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 출력 파워가 크므로 광전송 장치 및 통신망의 확장을 용이하게 한다.

또한 본 발명에 따른 파장분할 다중방식 광전송 장치는 파장분할 다중화된 광신호를 하나의 광섬유를 통해 동시에 입력 또는 출력할 수 있도록 구성되어 광통신에 필요한 광섬유 수를 반으로 줄일 수 있는 장점이 있다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

삭제

##### 청구항 2.

삭제

##### 청구항 3.

삭제

##### 청구항 4.

삭제

##### 청구항 5.

넓은 대역의 광을 출력하는 광대역 광원과,

첫번째 단자로 입력된 광신호는 두번째 단자로 출력하고, 두번째 단자로 입력된 광신호는 세번째 단자로 출력하는 광써큘레이터와,

하나의 공통단자와 2N개의 입/출력단자들을 가지며, 상기 공통단자와 2N개의 각 입/출력단자 사이에는 각각 다른 파장의 광신호를 전달하는 하나의 2N x 1 (역)다중화기와,

첫번째 단자와 두번째 단자 사이에는 상기 (역)다중화기의 공통단자와 홀수번째 입/출력단자들 사이에 전달되는 특정 파장의 광신호들만을 전달하고 다른 파장의 광신호들은 차단하며, 첫번째 단자와 세번째 단자 사이에는 상기 (역)다중화기의 공통단자와 짝수번째 입/출력단자들 사이에 전달되는 특정 파장의 광신호들만을 전달하고 다른 파장의 광신호들은 차단하는 2개의 파장교대결합기와,

외부에서 광이 주입되면 상기 주입되는 광의 파장과 일치하는 출력을 제공하는 N개의 페브리-페롯 레이저 다이오드와,

입력되는 광신호를 전기신호로 변환하여 출력하는 N개의 광수신기로 구성되어;

상기 (역)다중화기의 홀수번째 단자들에는 각각 페브리-페롯 레이저 다이오드가 연결되고, 상기 (역)다중화기의 짝수번째 단자들에는 각각 광수신기가 연결되며, 상기 (역)다중화기의 공통단자에는 제1파장교대결합기의 첫번째 단자가 연결되며, 상기 제1파장교대결합기의 두번째 단자에는 광섬유클레이터의 두번째 단자가 연결되며, 상기 광섬유클레이터의 첫번째 단자에는 광대역 광원이 연결되며, 상기 광섬유클레이터의 세번째 단자에는 제2파장교대결합기의 두번째 단자가 연결되며, 상기 제2파장교대결합기의 세번째 단자와 제1파장교대결합기의 세번째 단자가 연결됨을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 6.

넓은 대역의 광을 출력하는 광대역 광원과,

첫번째 단자로 입력된 광신호는 두번째 단자로 출력하고, 두번째 단자로 입력된 광신호는 세번째 단자로 출력하는 광섬유클레이터와,

하나의 공통단자와 2N개의 입/출력단자들을 가지며, 상기 공통단자와 2N개의 각 입/출력단자 사이에는 각각 다른 파장의 광신호를 전달하는 하나의  $2N \times 1$  (역)다중화기와,

첫번째 단자와 두번째 단자 사이에는 상기 (역)다중화기의 공통단자와 1~N번째 입/출력단자 사이에 전달되는 특정 파장의 광신호들을 전달하고 다른 파장의 광신호들은 차단하며, 첫번째 단자와 세번째 단자 사이에는 상기 (역)다중화기의 공통단자와  $N+1 \sim 2N$ 번째 단자들 사이에 전달되는 특정 파장의 광신호들을 전달하며 다른 파장의 광신호들은 차단하는 2개의 파장분할 다중화기와,

광이 외부에서 주입되면 상기 주입되는 광의 파장과 일치하는 출력을 제공하는 N개의 페브리-페롯 레이저 다이오드와,

입력되는 광신호를 전기신호로 변환하여 출력하는 N개의 광수신기로 구성되어;

상기 (역)다중화기의 1~N번째 단자들에는 각각 페브리-페롯 레이저 다이오드가 연결되고, 상기 (역)다중화기의  $N+1 \sim 2N$ 번째 단자들에는 각각 광수신기가 연결되며, 상기 (역)다중화기의 공통단자에는 제1파장분할 다중화기의 첫번째 단자가 연결되며, 상기 제1파장분할 다중화기의 두번째 단자에는 광섬유클레이터의 두번째 단자가 연결되며, 상기 광섬유클레이터의 첫번째 단자에는 광대역 광원이 연결되며, 상기 광섬유클레이터의 세번째 단자에는 제2파장분할 다중화기의 두번째 단자가 연결되며, 상기 제2파장분할 다중화기의 세번째 단자와 제1파장분할 다중화기의 세번째 단자가 연결됨을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 7.

넓은 대역의 광을 출력하는 광대역 광원과,

첫번째 단자로 입력된 광신호는 두번째 단자로 출력하고, 두번째 단자로 입력된 광신호는 세번째 단자로 출력하는 광섬유클레이터와,

하나의 공통단자와 N개의 입/출력단자들을 가지며, 상기 공통단자와 상기 N개의 각 입/출력단자 사이에는 각각 다른 파장의 광신호를 전달하는 하나의  $N \times 1$  (역)다화기와,

첫번째 단자와 두번째 단자사이에는 상기 (역)다중화기의 특정 독립 스펙트럼(free spectral range)내에 존재하며 상기 (역)다중화기의 공통단자와 N개의 입/출력 단자사이에는 전달되는 특정 파장의 광신호들만을 전달하고 다른 파장의 광신호들은 차단하며, 첫번째 단자와 세번째 단자 사이에는 첫 번째와 두번째 단자에 전달되는 광신호들로부터 각각 독립 스펙트럼 영역만큼 떨어진 광신호들을 전달하고 다른 파장의 광신호들은 차단하는 전달하는  $N+2$ 개의 파장분할 다중화기와,



상기 (역)다중화기의 특정 독립 스펙트럼(free spectral range)내의 광이 외부에서 주입되면 상기 주입되는 광의 파장과 일치하는 출력을 제공하는 N개의 페브리-페롯 레이저 다이오드와,

입력되는 광신호를 전기신호로 변환하여 출력하는 N개의 광수신기로 구성되어;

상기 (역)다중화기의 각 단자에는 각각  $3 \sim N+2$  번째 파장분할 다중화기의 첫번째 단자가 연결되고, 상기 파장분할 다중화기의 두번째 단자에는 각각 페브리-페롯 레이저 다이오드가 연결되며, 상기 파장분할 다중화기의 세번째 단자에는 각각 광수신기가 연결되며, 상기 (역)다중화기의 공통단자에는 제1파장분할 다중화기의 첫번째 단자가 연결되며, 상기 제1파장분할 다중화기의 두번째 단자에는 광써클레이터의 두번째 단자가 연결되며, 상기 광써클레이터의 첫번째 단자에는 광대역 광원이 연결되며, 상기 광써클레이터의 세번째 단자에는 제2파장분할 다중화기의 두번째 단자가 연결되며, 제2파장분할 다중화기의 세번째 단자와 제1파장분할 다중화기의 세번째 단자가 연결됨을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 8.

청구항 5 내지 청구항 7중 어느 한 항에 있어서, 상기 (역)다중화기의 온도를 제어하기 위한 온도제어 장치가 더 구비됨을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 9.

청구항 5 내지 청구항 7중 어느 한 항에 있어서, 상기 페브리-페롯 레이저 다이오드에 직접 변조를 위한 레이저 다이오드 구동회로가 더 구비됨을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 10.

청구항 5 내지 청구항 7중 어느 한 항에 있어서, 상기 페브리-페롯 레이저 다이오드의 온도를 제어하기 위한 온도제어 장치가 더 구비됨을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 11.

넓은 대역의 광을 출력하는 광대역 광원과,

첫번째 단자로 입력된 광신호는 두번째 단자로 출력하고 두번째 단자로 입력된 광신호는 세번째 단자로 출력하는 광써클레이터와,

하나의 공통단자와 N개의 입/출력단자들을 가지며, 상기 공통단자와 상기 N개의 각 입/출력단자 사이에는 각각 다른 파장의 광신호를 전달하는 하나의  $N \times 1$  (역)다중화기와,

하나의 광신호 입력단자와 하나의 광신호 출력단자를 가지며, 상기 입력단자로 입력되는 광신호를 인가되는 전기적인 신호에 따라 변조하여 변조하여 상기 출력단자로 출력하는 외부 변조기와,

상기 외부 변조기를 구동하기 위한 전기적인 신호를 제공하는 외부 변조기 구동장치로 구성되어;

상기 (역)다중화기의 각 단자에는 각각 페브리-페롯 레이저 다이오드가 연결되고, 상기 (역)다중화기의 공통단자에는 광써클레이터의 두번째 단자가 연결되며, 상기 광써클레이터의 첫번째 단자에는 광대역 광원이 연결되며, 상기 광써클레이터의 세번째 단자에는 외부 변조기의 입력단자가 연결되며, 상기 외부 변조기에는 외부 변조기 구동장치가 연결됨을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 12.

청구항 11에 있어서, 상기 외부 변조기 구동장치의 입력단자에 광수신기가 더 연결되어 상기 광수신기로 입력된 광신호를 전기적인 신호로 변환한 후, 다시 광신호로 변환하여 출력함을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 13.

청구항 11 또는 청구항 12에 있어서, 상기 (역)다중화기의 온도를 제어하기 위한 온도 제어 장치가 더 구비됨을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 14.

청구항 11 또는 청구항 12에 있어서, 상기 다중화기나 역다중화기의 단자와 페브리-페롯 레이저 다이오드 사이에 N개의 편광 제어기가 더 연결되어 구비됨을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 15.

청구항 11 또는 청구항 12에 있어서, 상기 광써클레이터의 세번째 단자와 외부 변조기 사이에 편광 제어기가 더 연결되어 구비됨을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 16.

청구항 11 또는 청구항 12에 있어서, 상기 페브리-페롯 레이저 다이오드의 온도를 제어하기 위한 온도제어 장치가 더 구비됨을 특징으로 하는 파장분할 다중방식 광전송 장치.

## 청구항 17.

적어도 2개의 공동모드를 가진 다중 모드 레이저에 외부에서 광을 주입하여 상기 다중 모드 레이저의 출력파장을 상기 주입되는 광의 파장을 통해 제어할 수 있는 파장 가변 광원에 있어서,

상기 레이저의 인접한 두 공동모드 사이의 간격을 상기 주입되는 광의 대역폭보다 같거나 작게 하여 온도, 인가전류 등 외부 환경이 변하더라도 상기 레이저의 공동모드 중 적어도 하나의 공동모드가 항상 상기 주입되는 광의 대역 내에 존재하도록 하여 상기 다중 모드 레이저의 출력파장을 제어하는 것을 특징으로 파장 가변 광원.

## 청구항 18.

청구항 17에 있어서,

상기 다중 모드 레이저는 페브리-페롯 레이저 다이오드인 것을 특징으로 하는 파장 가변 광원.

## 청구항 19.

청구항 18에 있어서,

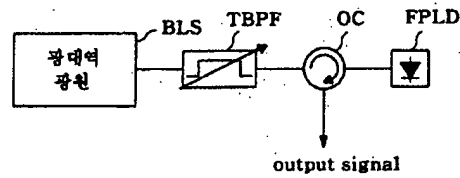
상기 페브리-페롯 레이저 다이오드의 공동(칩) 길이를 상기 페브리-페롯 레이저 다이오드의 인접한 두 공동모드의 간격과 주입되는 광의 대역폭이 같아지는 값보다 같거나 크도록 하여 주입되는 광역 대역폭 내에 적어도 하나의 공동모드가 항상 존재하는 것을 특징으로 하는 파장 가변 광원.

## 청구항 20.

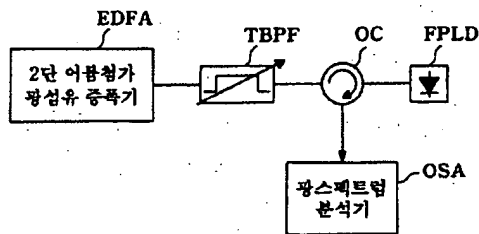
삭제

도면

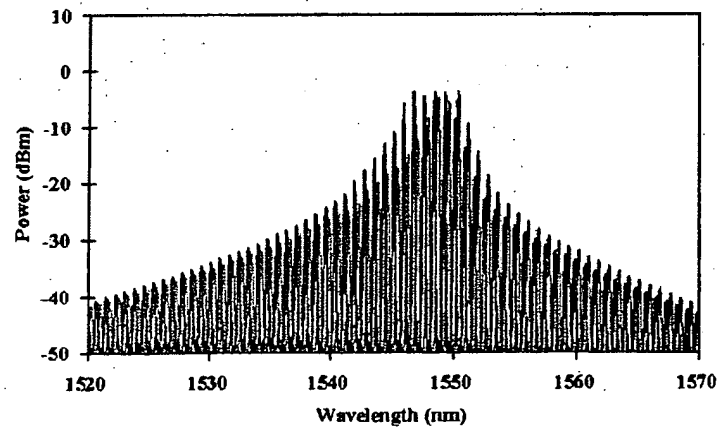
도면1



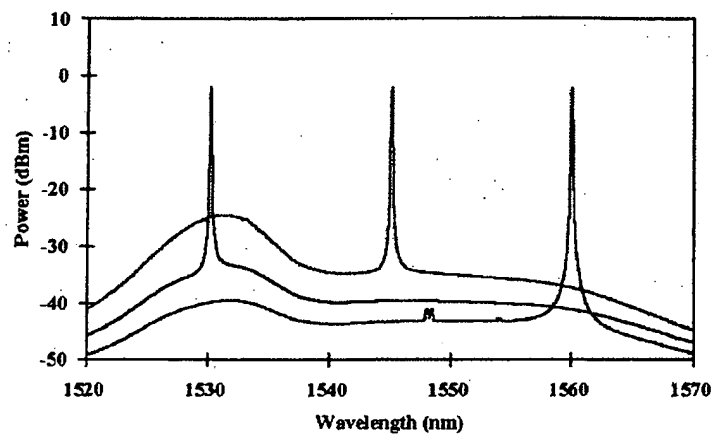
도면2



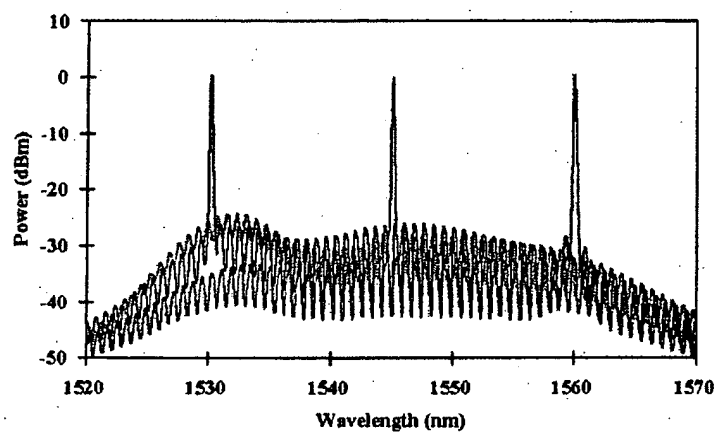
도면3a



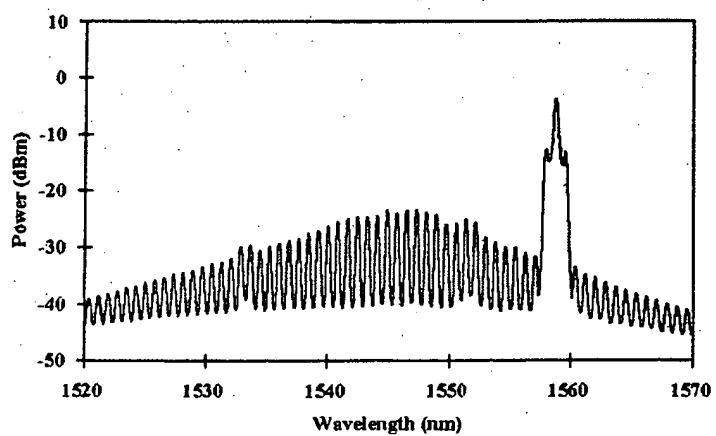
도면3b



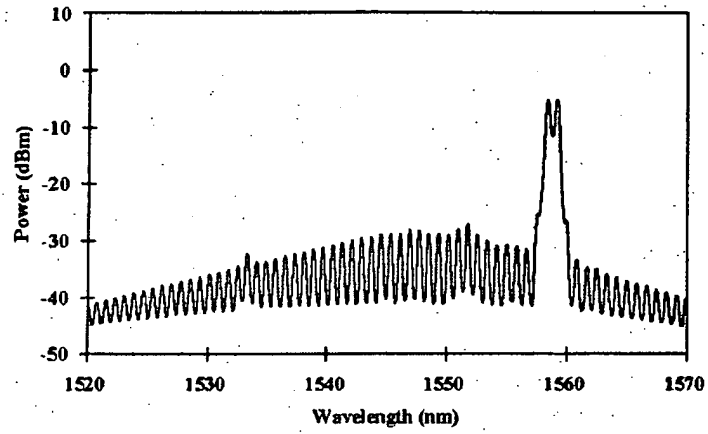
도면3c



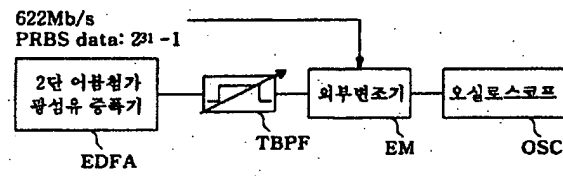
도면4a



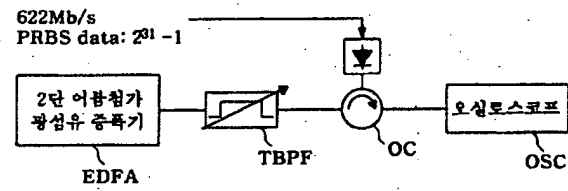
도면4b



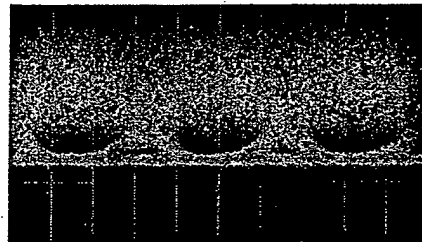
도면5a



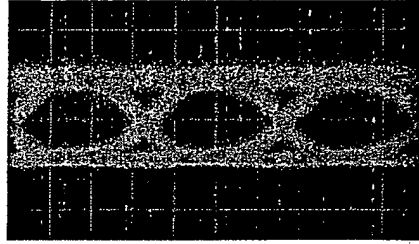
도면5b



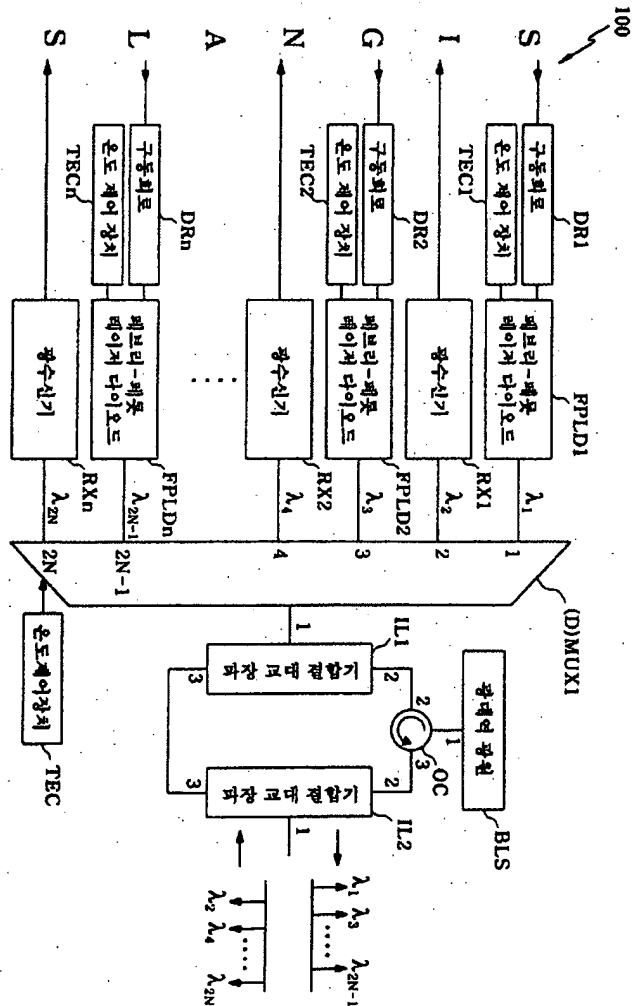
도면6a



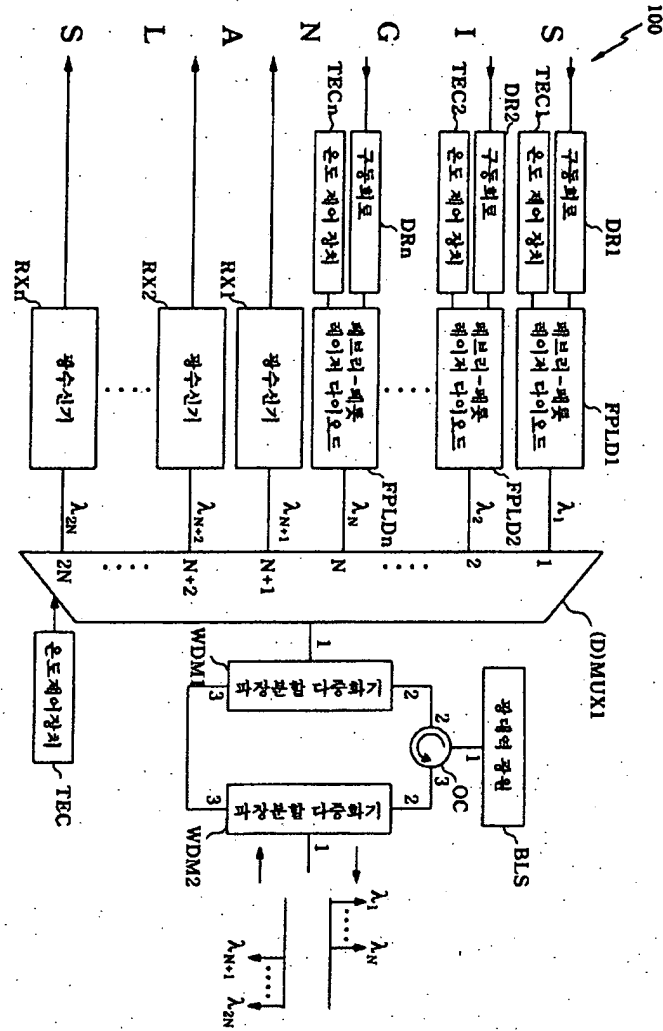
도면6b



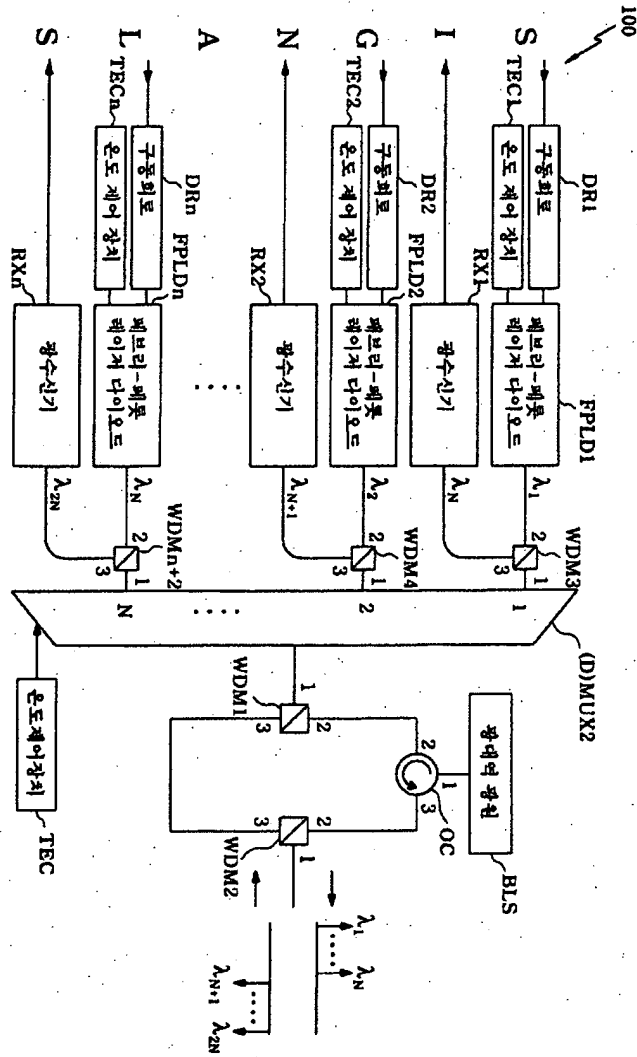
도면7



도면

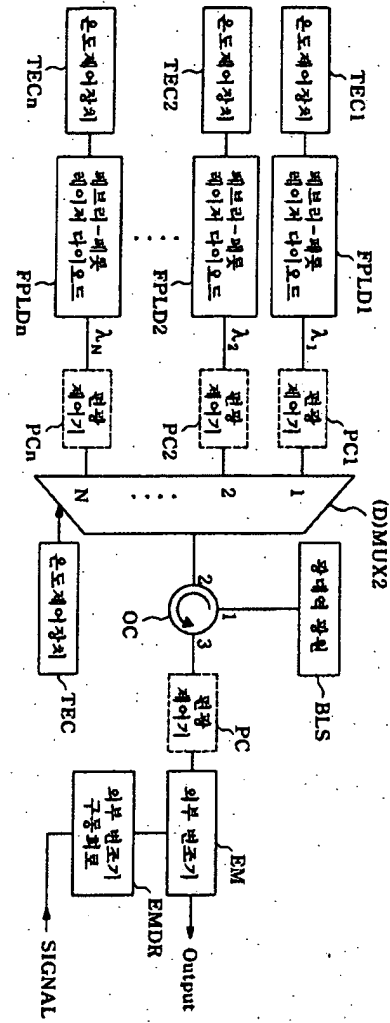


6면도





도면10



도면 111

